

治理技术

用中空纤维超滤膜处理维尼纶纤维油剂废水

韩式荆 李书申 吴开芬 续曙光 沈颖 刘中州 刘福凉

(中国科学院环境化学研究所)*

一、前 言

在化学纤维生产中,为了消除纤维的静电影响,提高可纺性,上油是必不可少的工艺流程。如图1所示,经过水洗的丝束将10—20%的水份带入油浴槽,随着上油工艺的进行,不断产生增液。为了保证油浴槽中的油剂浓度,需排掉部分稀油剂,同时补充浓油剂。北京维尼纶厂每年排放约合浓油剂40吨,价值20余万元,同时对环境造成严重污染。

纤维油剂是一种表面活性剂,当它在溶液中的浓度高于临界胶束浓度时,呈胶束态存在,因而可以应用超滤技术,经济而有效地使之浓缩回用。

用膜法处理化纤油剂及表面活性剂废水,国内外已有一些报道^[1,2]。国内虽然有人做过此项工作,但由于所采用的膜不能满足废水处理的要求,未能获得成功。我们用截留分子量为60,000和10,000的聚砜中空纤维超滤膜分别对维尼纶长丝油剂和短丝油剂废水进行了处理回收实验,取得了良好的结果。

二、实 验

中空纤维超滤器:本所研制。组件规格见表1。

不锈钢旋涡泵:本所设计、加工。 $Q=1\text{m}^3/\text{h}$ $H=20\text{m}$

表1 组件规格

中空纤维		组件长度 (mm)	有效面积 (m ²)
内径(mm)	外径(mm)		
0.68	0.92	500	0.27

油剂废水:北京维尼纶厂长丝、短丝油剂溶液。

分析方法:维尼纶厂使用的比色法^[3]。

维尼纶纤维上油流程见图1。

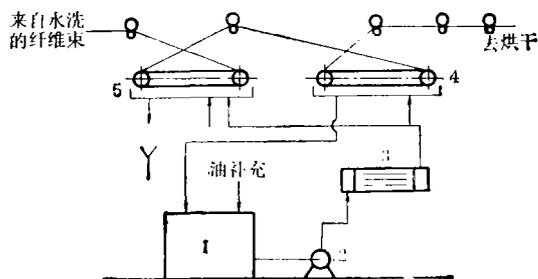


图1 维尼纶纤维上油流程图

1.循环槽 2.离心泵 3.加热器
4.第II油浴槽 5.第I油浴槽

三、小试结果与讨论

1. 废水温度对超滤性能的影响 超滤透液速度(f)随温度增高而加大,当废水温度超过45℃时, f 提高尤为显著。在实验条件范围内($p=1\text{kg}/\text{cm}^2$ $v=0.41\text{m}/\text{s}$),透过液中的油剂浓度均在0.18g/l以下。

* 中国科学院环境化学研究所现改组为中国科学院生态环境研究中心。

2. 操作压力对超滤性能的影响 随着压力的提高, f 显著上升, 透过液浓度无大变化. 考虑到中空纤维的强度和寿命, 认为操作压力控制在 $1.0-1.5 \text{ kg/cm}^2$ 之间为宜.

3. 料液线速度对超滤性能的影响 随线速度的提高, f 先随之提高, 但当 v 达到某一值时, f 又随 v 值的升高而下降. 这是因为膜面上流体线速度的提高有利于减轻浓差极化, 使 f 上升, 但线速度的提高又使膜面上的平均压力降低, 从而导致 f 的下降. 因此, 对于不同直径和长度的中空纤维超滤膜, 应该选择不同的线速度, 对于内径为 0.7 mm 、长度为 500 mm 的中空纤维膜, 料液线速度控制在 0.8 m/s 左右为好.

4. 油剂浓度对超滤性能的影响 在实验条件范围内 ($p = 1 \text{ kg/cm}^2$, $v = 0.41 \text{ m/s}$), 油剂浓度的增加对 f 几乎没有影响, 透过液中油剂浓度均小于 0.1 g/l . 这表明作为表面活性剂的纤维油剂对膜起到了洗涤效果. 因此, 在超滤过程中, 可不必对膜面进行频繁的清洗.

5. 长期运行中超滤性能的变化 为了观察组件在长期运行中的性能, 在液体温度为 50°C , 操作压力为 1 kg/cm^2 和线速度为 0.41 m/s (受循环泵流量限制) 的条件下运行了一个月的时间 (每天约 $6-8$ 小时), 运行期间没有进行任何形式的清洗. 图 2 为 f 的平均值在累计运行天数内的变化趋势. 从图中可以看出, 随着运行时间的延长, f 有下降

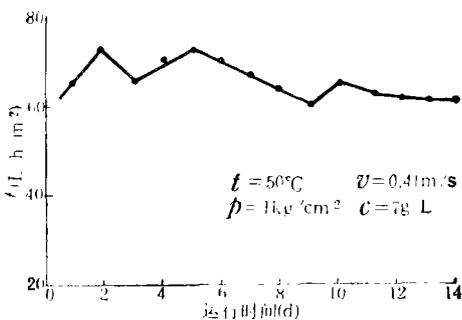


图 2 透水速度随运行时间的变化

的趋势, 但衰减并不严重, 尤其运行一星期以后, f 逐渐趋于稳定, 并保持在 $60 \text{ l/h} \cdot \text{m}^2$ 以上. 如果将操作条件控制在最佳范围, 透水速度还将提高. 在运行期间, 透过液中油浓度一直在 0.1 g/l 以下.

四、中试结果和讨论

为了进一步适应生产实际的需要, 在小试的基础上进行了扩大实验.

1. 实验部分

中试用的超滤器为本所研制, 组件长度为 900 mm , 有效面积约 3.0 m^2 , 可排除长丝生产中油剂的全部增液.

北京维尼纶厂的油浴系统正常工作压力为 1.7 kg/cm^2 , 料液温度为 50°C . 利用生产系统中的压力和温度, 可在不增加循环泵、循环槽和管路系统的情况下采用超滤装置. 图 3 为该厂短丝油剂扩大试验流程图, 其特点为: (1) 减少了大约 $1/2$ 的设备投资; (2) 节省了料液循环和升温所需的能耗以及系统的维修费用; (3) 直接从油浴系统中排出工艺过程中所增加的水量, 简化了纤维的上油流程 (可省去 I 浴过程). 对长丝和短丝油剂分别间断进行了一年多和半年多的扩大试验, 试验结果基本重复了小试的数据, 如图 4、5.

- 2. 同日本同类组件性能的比较 (见表 2)
- 3. 超滤运行一年的经济核算

北京维尼纶厂丝束的油剂附着率在

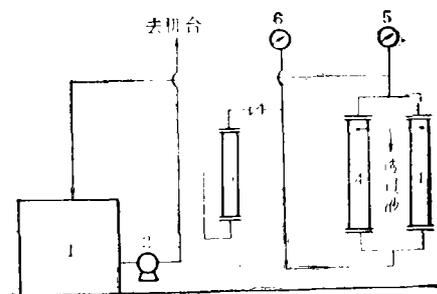
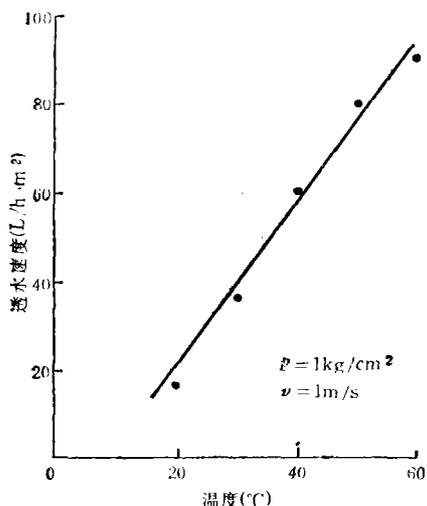
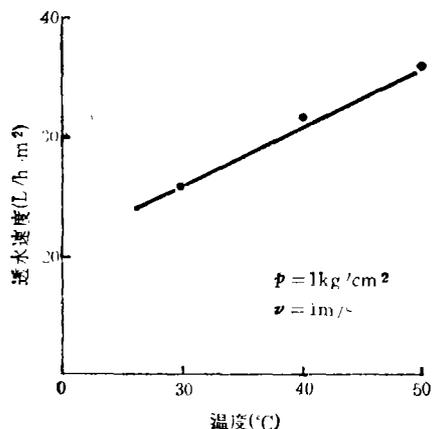


图 3 扩大试验流程图

- 1 油剂循环槽 2 循环泵 3 预滤器 4 超滤器
- 5 出口压力计 6 进口压力计

表 2 组件规格、操作条件与性能对比

对比项目 组件型号	纤维规格			有效面积 (m ²)	操作条件				透水速度 (l/h·m ²)
	外径 (mm)	内径 (mm)	长度 (mm)		压力 (kg/cm ²)	温度 (°C)	线速度 (m/s)	反洗	
HF-II (本所)	1.60—1.70	1.10—1.18	~820	~3.0	1	45	0.8		68—89
LCR4050 (日本) ^[2]	2.30	1.40	800—850	2.80	1	45°	1.5	1min/ 30min	75

图 4 长丝油剂中试温度与透水速度 (f) 的关系图 5 短丝油剂中试温度与透水速度 (f) 的关系

0.22%左右,而油剂的消耗在7 kg/t产品左右,因此尚有4.8 kg/t产品左右的油剂随增液而排放。实验证明,超滤时长丝油剂的回收率在95%以上,短丝油剂的回收率在75%以上。表3中的油剂回收率是根据协议所订的指标,按50%计算。实际收益远高于表中

表 3 超滤运行一年的经济核算

项目	收入(元)	支出(元)	附注
设备投资		1,200	按5年折旧期计算
劳务管理		2,250	3人×3元/天
膜更换		3,150	每年一次
设备维修		500	
油剂	长丝	20,800	按50%收率计算
	短丝	86,400	按50%收率计算
合计	107,200	7,200	
盈 余	100,000		

注: (1) 流程中省去了水泵、管路和贮槽等

(2) 利用生产系统中的剩余能量如电能、热能等

给出的数值。

五、结 论

截留分子量为60,000和10,000的聚砜中空纤维超滤膜可分别适用于处理长丝、短丝油剂废水。在操作条件合适的情况下,对于长丝油剂,透水速度可达60 l/h·m²以上,透过液中油浓度小于0.1 g/l。对于短丝油剂,透水速度可达35 l/h·m²以上,透过液中油浓度小于0.45 g/l。油剂浓度对超滤性能影响不大,并且透水速度衰减缓慢,可不必进行频繁的反洗。

将超滤设备并联到生产系统中,不仅可以简化超滤系统的流程,还可简化生产流程,同时又可减少能耗及管理费用。

参 考 文 献

- [1] 韩式荆等,环境化学, 3(4),42(1984).
[2] Schott, H., *J. Phys. Chem.*, 68(12),3612(1964).

- [3] Bhattacharyya, D. et al., *J. AlchE*, **19**(4), 766 (1973).
 [4] Bhattacharyya, D. et al., *J. AlchE*, **21**(6), 1057 (1975).

- [5] 吉田高年等, 膜, **5**(4), 257(1980).
 [6] 丸石功, 油化学, **29**(8), 592(1980).
 [7] 桥田勋等, 油化学, **29**(18), 596(1980).
 [8] Staude, E., et al., *Desalination*, **49**, 321(1984).

相似旋风除尘器分离特性的研究

孙一坚 刘建仁

(湖南大学 环境工程系)

旋风除尘器由于结构简单、造价低廉,在不同行业得到广泛应用。据预测,本世纪内我国中小型锅炉的烟气除尘仍将以旋风除尘器为主。由于旋风除尘器内气、固两相流运动的复杂性,它的性能要通过试验确定。旋风除尘器的性能是随运行条件而变化的,因此试验求得的分级效率曲线仅适用于试验的特定工况。不能把冷态的试验结果,直接应用于热态的性能预测,通常必须进行现场的热态测定。例如,1982—1983年机械部、国家环办为了寻求锅炉配用除尘器的最佳配套方案,曾组织大量人力、物力,进行现场热态测定,对不同的旋风除尘器进行评价。由于现场使用条件各不相同,不可能在同样条件下进行比较。因此,必须研究旋风除尘器的相似规律,通过试验求得相似准则之间的函数关系,这样才能把试验的结果推广应用到一切相似的现象中去。

旋风除尘器的分级效率可用下式表示^[1]:

$$\begin{aligned} \eta_i &= 1 - P_d = 1 - \exp[-\alpha d_c^m] \\ &= 1 - \exp\left[-\ln 2 \left(\frac{d_c}{d_{C50}}\right)^m\right] \end{aligned} \quad (1)$$

式中, η_i 为分级效率; P_d 为穿透率; d_c 为粒径 (μm); d_{C50} 为效率为 50% 时的临界粒径 (μm); α 为系数 (α 值随工况而改变); m 为系数 (对几何相似的旋风除尘器 $m = \text{常数}$)。

从公式 (1) 可以看出,只要已知任一工况下的 d_{C50} 及该类除尘器的 m 值,即可求得该工况下的分级效率。因此,本研究的实质就是要应用相似理论去寻求不同工况参数与 d_{C50} 之间的关系,以便把特定条件下的试验结果推广应用到其它的实际运行工况。

根据研究,当气流中固体微粒浓度在 100 g/m^3 以下时,旋风除尘器内尘粒运动保持相似的定性准则为 Frc 和 $\text{Stk}^{[2]}$ 。Frc 是弗鲁德准则,它是反映重力对尘粒运动的影响。试验研究表明,对多数惯性设备,这个因素可以忽略不计。例如湖北工业设计院曾把 XXD/G 型旋风除尘器分别直立和倒立安装进行试验,两者的除尘效率仅相差 0.65%。

Stk 是斯托克斯准则,它是反映粘性力对尘粒运动的影响。

$$\text{Stk} = \frac{d_c^{2+1} \rho_c \rho^{n-1} v_j^{n[2]}}{C' \mu^n R_0} \quad (2)$$

式中, ρ_c 为尘粒密度 (kg/m^3); ρ 为气体密度 (kg/m^3); v_j 为除尘器进口风速 (m/s); μ 为气体粘度 ($\text{Pa} \cdot \text{s}$); R_0 为除尘器半径 (m); C' 、 n 为与尘粒运动的雷诺数 Rec 有关的系数。

$$\text{Rec} = \frac{\rho v d_c}{\mu} \quad (3)$$

式中 v 为尘粒与气流的相对运动速度 (m/s)。